

REC'D 16 NOV 1999

WIPO PCT



Bescheinigung

Die spectrometrix optoelectronic systems GmbH in Berlin/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Bestrahlungseinrichtung für therapeutische und kosmetische Zwecke"

am 6. November 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol A 61 N 5/06 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 23. September 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Hiebinger

Aktenzeichen: 198 52 524.9

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

A 9161
08.90
11/98

68 (EDV 41)

dadurch gekennzeichnet, daß das Entladungsrrohr in einem Elektrodenbereich (8) mittels Zirkoniumoxid teilverspiegelt ausgebildet ist.

- 5 6. Bestrahlungseinrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der optischen Strahlungsquelle und der zu bestrahlenden Fläche eine Glasscheibe oder ein transparenter, UVA-undurchlässiger Kunststoff, insbesondere Acryl GS oder Polycarbonat als UVA-Filter angeordnet ist.

10

7. Bestrahlungseinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der UVA-Filter als evakuiertes Hüllrohr (6) um die optische Strahlungsquelle herum ausgebildet ist.

15

8. Bestrahlungseinrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenseite des Hüllrohrs (6) mit einem der Leuchtstoffe gemäß Anspruch 2 beschichtet ist.

20

9. Bestrahlungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Strahlungsquelle als elektrodenlose Quecksilber-Metallhalogenid-Lampe ausgebildet ist, die mit Gallium, Galliumiodid, Gallium-Bromid und/oder -Chlorid gefüllt ist und der mindestens ein Magnetron (18) mit Antenne (19) zugeordnet ist, über die elektromagnetische Energie in einen durch eine metallische Abschirmung (20) gebildeten Resonator einkoppelbar ist und in dem ein die Dotierstoffe beinhaltende Quarzkolben (2) angeordnet ist.

25

10. Bestrahlungseinrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Resonator als E_{01} -Moden-Resonator für die vom Magnetron (18) eingekoppelte elektromagnetische Strahlung ausgebildet ist.

30

11. Bestrahlungseinrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestrahlungseinrichtung mit einem IR-

Bestrahlungseinrichtung für therapeutische und kosmetische Zwecke

Die Erfindung betrifft eine Bestrahlungseinrichtung für therapeutische und kosmetische Zwecke.

Primär T-Zell-vermittelte Hauterkrankungen wie beispielsweise atopische Dermatitis (Neurodermitis), cutanes T-Zell-Lymphom, Lichen ruber und Psoriasis beruhen auf einem Hautinfiltrat von aktivierten T-Lymphozyten des eigenen Körpers. Insbesondere von Neurodermitis sind verstärkt immer mehr Neugeborene und Kinder betroffen. Aufgrund der entzündeten Hautpartien, sowie des damit verbundenen Juckreizes ist diese Erkrankung sowohl physiologisch als auch psychologisch eine schwere Belastung.

Die bisher bekannten Therapien zur Behandlung von Neurodermitis lassen sich im wesentlichen in zwei Klassen unterteilen, nämlich die Chemotherapie und die UVA1-Lichttherapie.

Bei der Chemotherapie ist der derzeitige Goldstandard in der Behandlung der atopischen Dermatitis die Glukokortikoidtherapie. Bei dieser Therapie kommt es sowohl nach systemischer als auch nach topischer Anwendung zu zum Teil schwerwiegenden Nebenwirkungen. Alternative Verfahren zur Behandlung der Neurodermitis beinhalten die Therapie mit stark immunmodulierenden Pharmaka, wie beispielsweise FK 506 oder Cyclosporin A, über deren Langzeitfolgen noch keine Erfahrungen vorliegen.

Die UVA 1- Lichttherapie hat sich als effektiv zur Behandlung von akuten Neurodermitisschüben, der Urticaria pigmentosa und lokalisierten Sklerodermie erwiesen. Zur Zeit werden für die UVA 1 - Therapie nach Meffert und die UVA 1 - Therapie nach Krutmann zwei Gerätetypen angeboten. Die UVA 1-Therapie nach Meffert arbeitet breitbandig zwischen 340 und 500 nm, die UVA-Therapie nach Krutmann bei 340 - 400 nm.

photodynamische Follikelbehandlung günstiger erscheint.

Der Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, eine Bestrahlungseinrichtung zur Behandlung von primär T-Zell-vermittelten Hauterkrankungen zu schaffen, die weniger Nebenwirkungen aufweist und insbesondere auch zur Behandlung von Kindern geeignet ist.

Die Lösung des technischen Problems ergibt sich aus den Merkmalen des Patentanspruches 1. Durch die überraschende Wirksamkeit der Strahlung im Bereich von 400 - 440 nm auf die T-Zellen ist es somit möglich, eine Bestrahlungseinrichtung zur Behandlung von primär T-Zell vermittelten Hauterkrankungen zu schaffen, die einerseits bisher kaum behandelbare Hautkrankheiten wie Lichen ruber zu behandeln ermöglicht und andererseits aufgrund der um Zehnerpotenzen geringeren Karziogenität gegenüber UVA auch eine Behandlung von Kindern ermöglicht. Die Wirksamkeit ist in klinischen Versuchen bereits eindrucksvoll bestätigt worden. Dabei sind die Versuchspersonen mit Bestrahlungsdosen zwischen 20 und 200 Joule behandelt worden. Darüber hinaus hat sich bei den Versuchspersonen überraschend eine nachhaltige Bräunung eingestellt, so daß sich die Bestrahlungseinrichtung auch für kosmetische Zwecke einsetzen läßt und auch dort die bekannten UV-Geräte mit den Problemen hinsichtlich der Gefahr von Hautkrebs ersetzen kann. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die optische Strahlungsquelle der Bestrahlungseinrichtung als mindestens eine Quicksilberniederdruckentladungslampe mit vorzugsweise $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7\text{:Eu}$ - oder $(\text{SrMg})_2\text{P}_2\text{O}_7\text{:Eu}$ -Phosphor als Leuchtstoff ausgebildet. Mit diesen lassen sich bereits Bestrahlungsstärken größer 50 mW/cm^2 in einem Abstand von 50 cm realisieren. Durch entsprechende Fokussierung der von den optischen Strahlungsquellen emittierten Strahlung auf die Bestrahlungsfläche kann die effektive Bestrahlungsstärke noch weiter erhöht werden, was prinzipiell auch für die nachfolgenden optischen Strahlungsquellen gilt.

das Kühlaggregat aus zwei Strahlungskühlerkassungen mit integrierten Zu- und Abläufen zwischen denen ein transparentes Hüllrohr angeordnet ist. Der Vorteil dieser Anordnung ist, daß die Strahlungskühlerfassungen lösbar mit der optischen Strahlungsquelle verbunden sind, was deren Wiederverwendung bei defekten optischen Strahlungsquellen erlaubt. Dieses transparente Hüllrohr des Kühlaggregats wirkt ebenfalls als UVA-Filter, so daß bei der elektrodenlosen Quecksilberhochdruckentladungslampe auf das zusätzliche evakuierte Hüllrohr verzichtet werden kann. Als Kühlmittel kommen insbesondere Wasser und für die elektrodenlose Hochdrucklampe Silikonöl in Betracht. Das Silikonöl weist dabei eine Vielzahl von weiteren Vorteilen auf. Neben einem großen stabilen Temperaturbereich sind Kühlungen bis auf 4°C möglich. Silikonöl weist eine geringe Absorption von Mikrowellenenergie auf und wirkt gleichzeitig als IR-Filter, so daß auch auf separate IR-Filter weitgehend verzichtet werden kann.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispieles näher erläutert. Die Fig. zeigen:

Fig.1 einen Querschnitt durch eine Quecksilber-Hochdruckentladungslampe,
Fig.2 einen Querschnitt durch eine Quecksilber-Hochdruckentladungslampe mit integrierter Wasserkühlung,

Fig.3 Dampfdruckkurven von Gallium und Galliumhalogeniden,

Fig.4 einen Querschnitt durch einen elektrodenlose Hochdruckentladungslampe mit Kühlaggregat und einem Magnetron,

Fig.5 einen Querschnitt durch eine elektrodenlose Hochdruckentladungslampe mit Kühlaggregat und zwei Magnetrons,

Fig.6 ein Spektrum einer Hochdruckentladungslampe mit einem Gewichtsverhältnis zwischen Quecksilber und Galliumiodid von 44,

Fig.7 ein Spektrum einer Hochdruckentladungslampe mit einem Gewichtsverhältnis zwischen Quecksilber und Galliumiodid von 22,

Fig.8 ein Spektrum einer Hochdruckentladungslampe mit einem Gewichtsverhältnis von Quecksilber und Galliumiodid von 8,8,

Fig.9 ein Spektrum einer bekannten Gallium-Indium-Effektleuchte und

Fig.10 eine schematische Querschnittsdarstellung einer Ganzkörperbestrahlungseinrichtung.

In Fig.2 ist ein Querschnitt durch die Quecksilber-Hochdruckentladungslampe 1 gemäß Fig.1 mit integriertem Kühlmittelaggregat dargestellt. Das Kühlmittelaggregat umfaßt eine erste und eine zweite Strahlungskühlerfassung 9,10 und ein transparentes Hüllrohr 11. In die beiden

5 Strahlungskühlerfassungen 9, 10 ist jeweils ein Zu- bzw. Ablauf 12, 13 integriert, an die dann jeweils ein Schlauch anschließbar ist. Die erste Strahlungskühlerfassung 9 ist einfach auf die Schraubfassung 5 aufgeschoben. Das transparente Hüllrohr 11 ist dann in die Strahlungskühlerfassung 9 eingeschoben und ist an der Schraubfassung 5 entgegengesetzten Seite durch

10 die zweite Strahlungskühlerfassung 10 abgeschlossen. Mittels O-förmigen Dichtringen 14, 15, 16 wird ein hermetisch dichter Kreislauf für das Kühlmittel 17 zwischen dem Zulauf 12 und dem Ablauf 13 gebildet. Das Kühlmittel 17 kann dabei im einfachsten Fall Wasser sein. In diesem Fall dient das Kühlmittel 17 überwiegend der Abführung der entstehenden Wärme an dem evakuierten

15 Hüllrohr 6, um dieses auf eine Temperatur von 40 - 60°C zu halten.

Da die Eindringtiefe des blauen Lichtes begrenzt ist, gleichwohl bei Erkrankungen der tieferliegenden Hautschichten bzw. Hautanhangsorganen, wie den Haarwurzeln, oder bei entzündungsbedingten Verdickungen der Haut,

20 wie bei der Psoriasis und der Sklerodermie die Strahlung sehr tief eindringen muß, ist eine Bestrahlungseinrichtung vorteilhaft, bei der das umlaufende Kühlmittel 17 deutlich kühler als die Hauttemperatur ist. Dann kann das gekühlte Hüllrohr 11 direkt auf die befallene Haut aufgelegt werden, wobei dann mit Bestrahlungsstärken in der Größenordnung von ca. 1-2 W/cm² bei

25 einer elektrischen Anschlußleistung von 1000 W appliziert werden kann, da höhere Bestrahlungsstärken zu einer kürzeren Behandlungszeit führen. In Folge der hohen Gewebsabsorption des blauen Lichtes kommt es in den oberen Gewebsschichten zu einer sehr starken Wärmeentwicklung, die ohne diese Kühlung auf beispielsweise 4°C ansonsten zu Verbrennungen führen würde. Durch diese Kühlung kann die durch eine Schwellendosis begrenzte

30 Tiefenwirkung bis auf mehrere Millimeter und somit in den Follikelbereich ausgedehnt werden. Bevorzugtes Kühlmittel 17 bei Elektrodenlampen ist Wasser.

Daher wird bei Verwendung von Galliumbromiden oder -chloriden eine Bestrahlungseinrichtung ohne Elektroden 3 wie in Fig. 4 dargestellt bevorzugt. Die Bestrahlungseinrichtung 1 umfaßt einen Quarzkolben 2, in dem das Gallium oder die Galliumhalogenide verteilt sind. Um den Quarzkolben 2 ist das bereits beschriebene Kühlaggregat angeordnet. An mindestens einer Stirnfläche einer Strahlungskühlerfassung 9 ist ein Magnetron 18 mit zugeordneter Antenne 19 angeordnet. Weiter ist um das Kühlaggregat herum eine metallische Abschirmung 20 angeordnet, die für die von der Antenne 19 abgestrahten elektromagnetischen Wellen einen Resonator bildet. Die Verwendung von Wasser als Kühlmittel 17 scheidet bei dieser Anordnung aus, da Wasser zu stark die elektromagnetischen Wellen des Magnetrons 18 absorbieren würde, so daß hier vorzugsweise Silikonöl als Kühlmittel verwendet wird.

Elektrodenlose Lampen haben mit Nutzungsdauern von 10.000 - 20.000 Stunden und einem besseren Wirkungsgrad Vorteile gegenüber konventionellen Lichtquellen mit Elektroden 3. Die Emission dieser Lampen wird jedoch durch Temperaturunterschiede innerhalb der Lampe beeinflusst. Werden Teile des Quarzkolbens 2 (Plasmaampulle) nicht gleichförmig erhitzt, so kommt es zu dunklen Bändern, die durch Selbstabsorption des Plasmas hervorgerufen werden. Die Temperaturunterschiede innerhalb der Plasmaquelle sind oft das Ergebnis einer ungleichmäßigen Feldverteilung der Mikrowellenenergie im Resonator. Hierdurch kommt es zu einer ungleichmäßigen Entladung und einer Verschlechterung der Lampenleistung. Die Kontrolle über die elektromagnetische Feldverteilung wird in einer bevorzugten Ausführungsform durch einen Resonanzzyylinder erreicht, der die E_{01} -Mode unterstützt. In diesem Fall ist die Feldverteilung derart, daß das elektrische Feld in der Resonatorachse seinen höchsten Wert hat und der elektrische Feldvektor in Radialrichtung zeigt. Zu den leitenden Wänden des Resonators fällt die Feldstärke ab, um an der leitenden Oberfläche der zylindrischen Abschirmung 20 zu verschwinden. Die erforderliche Leistung ist abhängig von der erzielbaren Plasmadichte. Das Plasma konzentriert sich in der Mitte des Entladungsgefäßes. Bei coaxialer Ausrichtung befindet sich der

Möchte man im elektrodenlosen System auf die Silikonölkühlung verzichten, so kann eine rotierende Plasmaquarzkugel Anwendung finden, die beispielsweise an einem Schaft angeordnet ist und bei der Rotation in einem E_{111} -oder E_{112} -Mode-Resonator sich im Mittel eine gleichmäßige Feldverteilung ergibt. Darüber hinaus wird dadurch die effektive Oberfläche für eine Konvektionskühlung vergrößert. Vorzugsweise findet die Kugelrotation dabei in zwei Ebenen statt, so daß es im Mittel zu einer vollkommenen Feldvermischung kommt. Alternativ und technisch einfacher zu realisieren ist eine sogenannte Taumelrotation, d.h. während einer Rotation um die z-Achse rotiert der Stab selbst um einen Kegelmantel.

In den Fig.6-9 sind verschiedene Spektren bei unterschiedlicher Dotierungen dargestellt, wobei auf der Y-Achse die Bestrahlungsstärke in mW/cm^2 pro $0,5\text{nm}$ bei 50cm Abstand aufgetragen ist. Die abgebildeten Spektren zeigen, daß bei einem Gewichtsverhältnis Quecksilber zu Galliumiodid von 8,8 die Emission im Spektralbereich zwischen $400-440\text{ nm}$ erheblich abnimmt. Bei den Gewichtsverhältnissen 22 bzw. 44 ist die Ausbeute im interessierenden Spektralbereich wesentlich besser. Eine weitere Steigerung der Emission im Bereich zwischen $400-440\text{ nm}$ ist durch Zugabe von Indiumiodid im Verhältnis Quecksilber/Indiumiodid von 20-200 möglich. Mit Hilfe des Zusatzes geringer Mengen Indiumiodid ist eine Anhebung der Indiumemission im Bereich 405 nm möglich, ohne daß die blaue Emission im Bereich 500 nm die Energieausbeute in dem interessierenden Spektralbereich zwischen $400-440\text{ nm}$ sich verschlechtert.

In Fig.10 ist eine schematische Darstellung einer Ganzkörperbestrahlungseinrichtung für einen Patienten 21 dargestellt. Dazu sind eine Vielzahl der optischen Strahlungsquellen arrayförmig zueinander angeordnet, wobei jeder optischer Strahlungsquelle ein Parabolreflektor 22 zugeordnet ist. Bei Verwendung der beschriebenen Kühlaggregate können diese mäanderförmig miteinander verbunden werden. Alternativ können jedoch nur einzelne Kühlaggregate der Strahlungsquellen zusammengefaßt werden, so daß dann mehrere Kühlkreisläufe mit Pumpen zur Anwendung kommen.

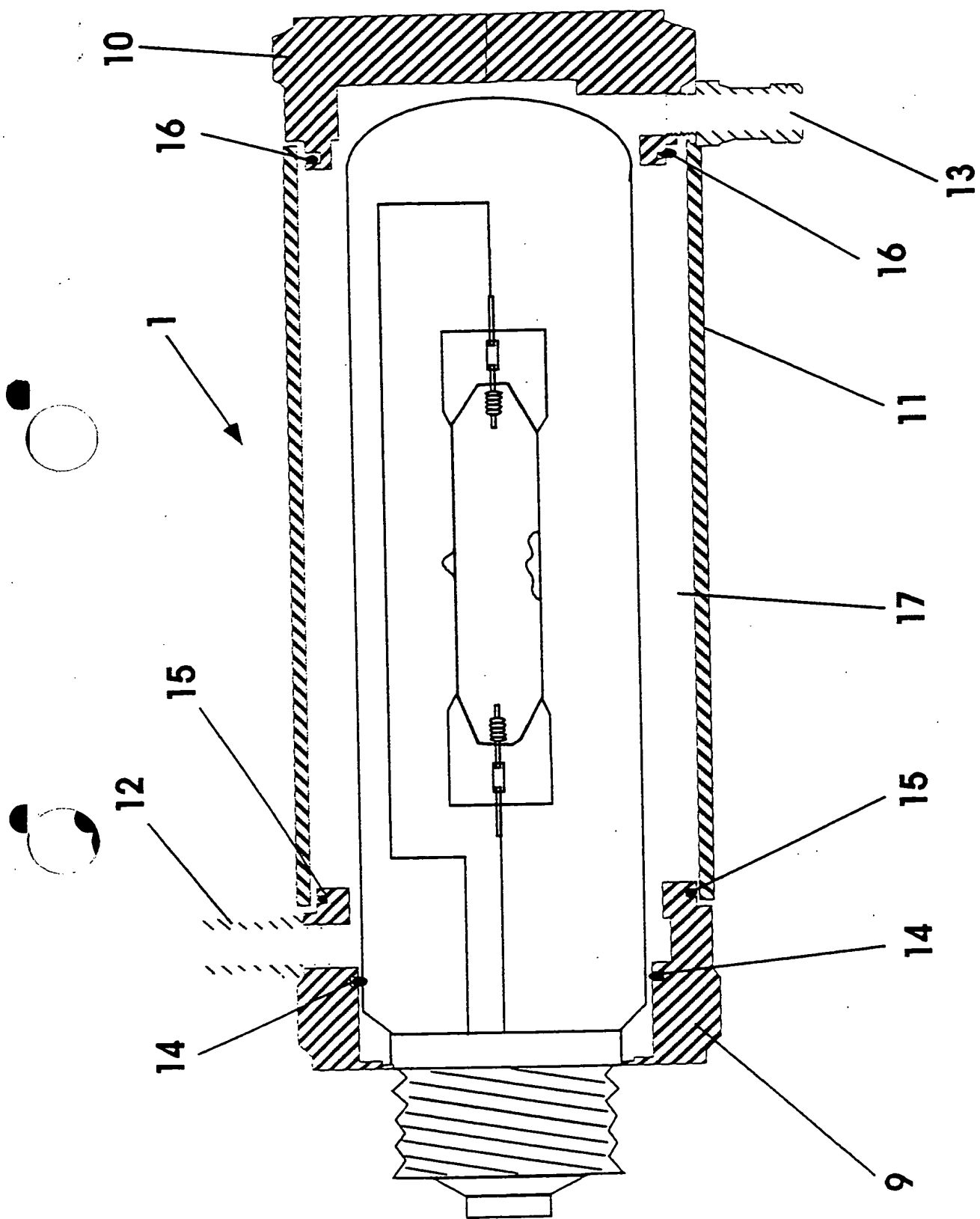


Fig. 3

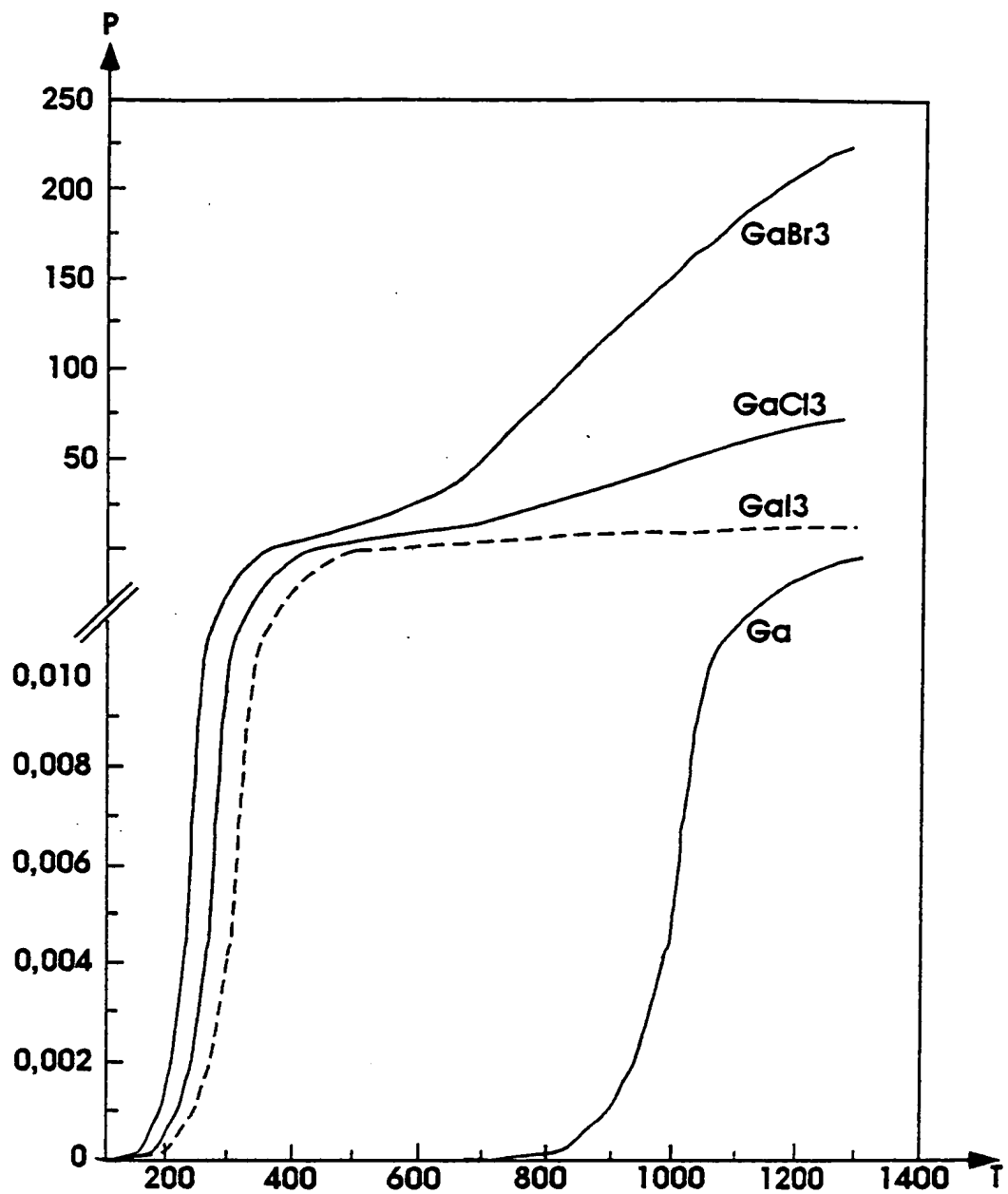
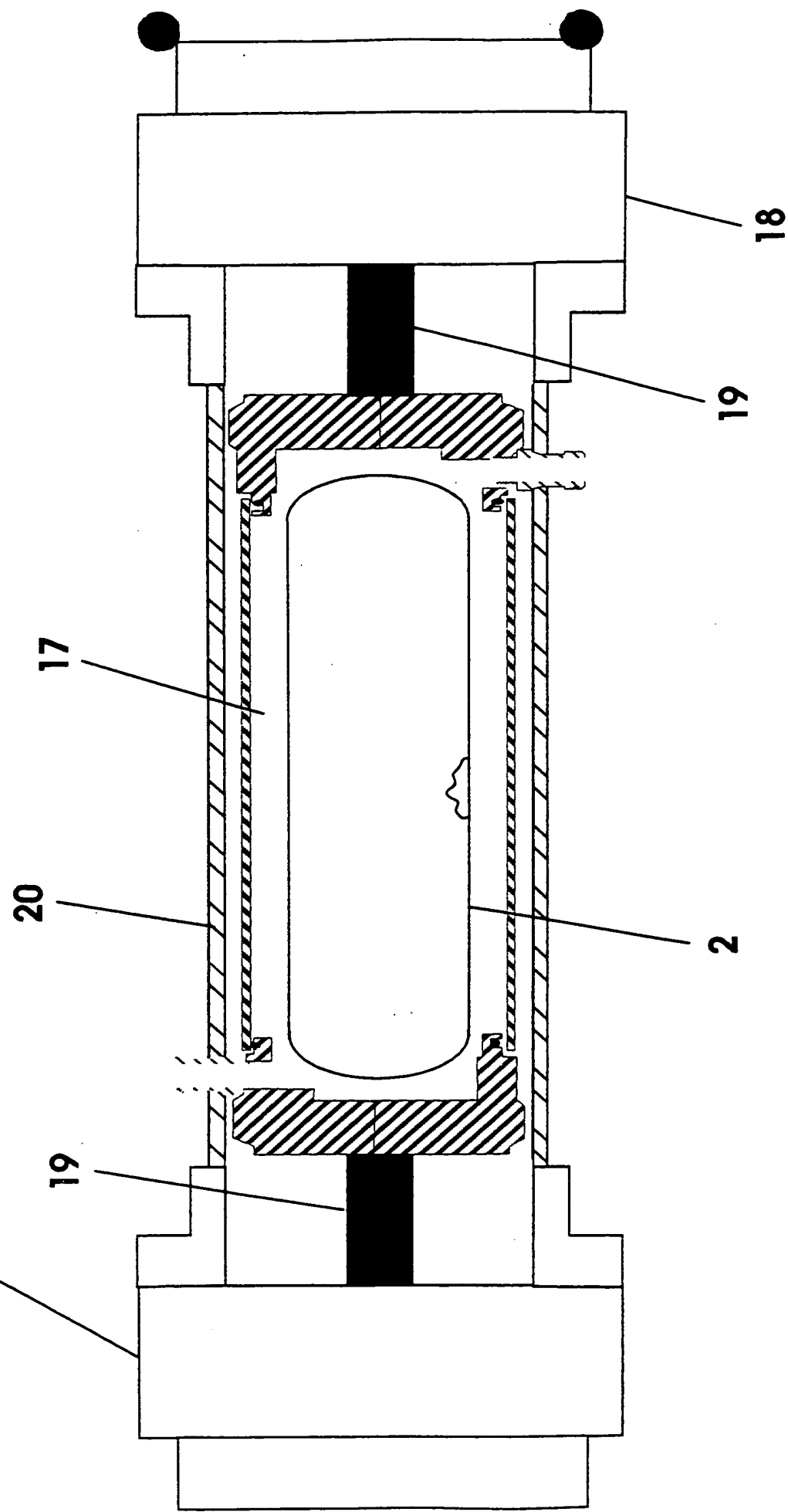


Fig. 5

18



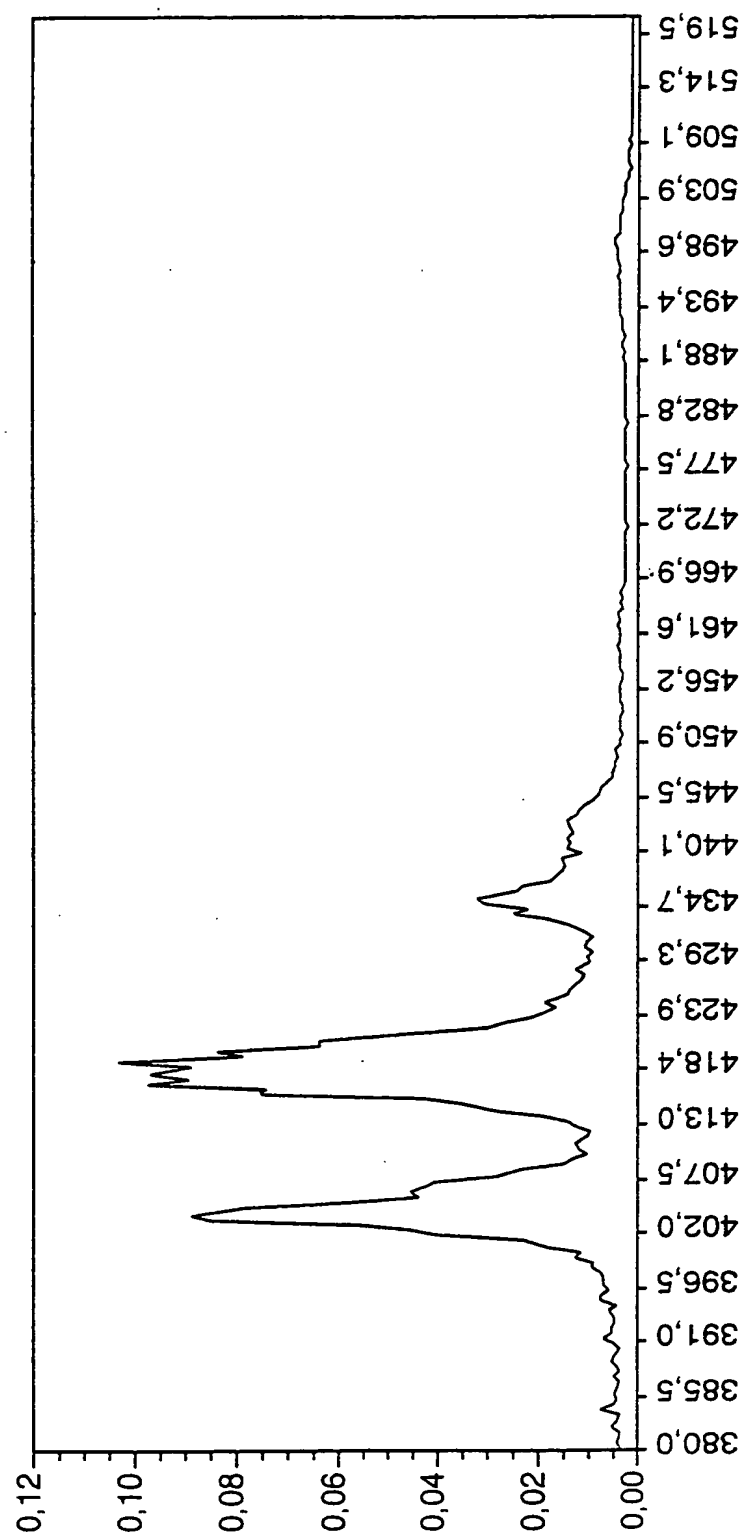


Fig. 7

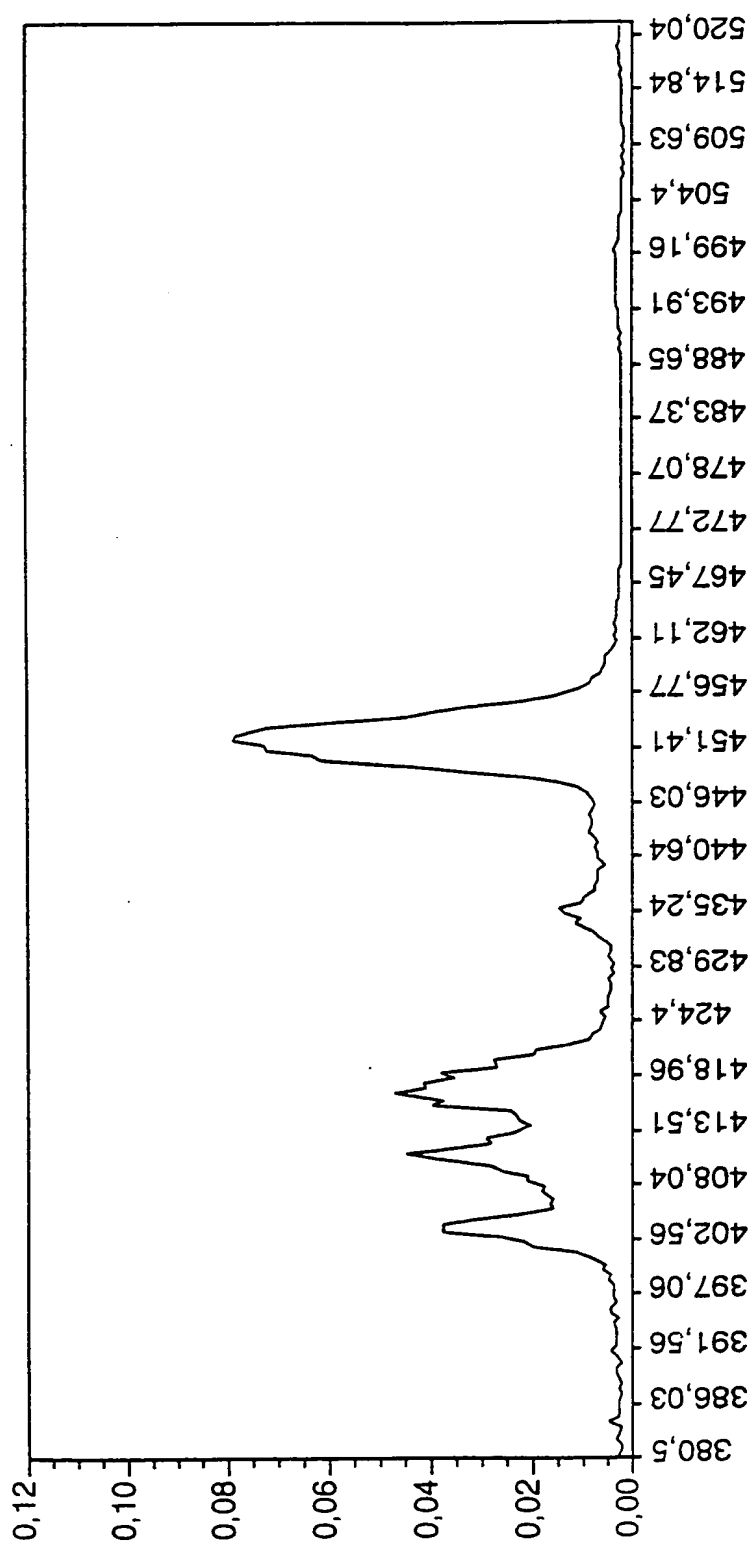


Fig.9

Bestrahlungseinrichtung für therapeutische und kosmetische Zwecke

Patentansprüche:

- 5 1. Bestrahlungseinrichtung für therapeutische und kosmetische Zwecke
 zur Behandlung von primär T-Zell-vermittelten Hauterkrankungen,
 insbesondere von atopischer Dermatitis (Neurodermitis), cutanem T-
 Zell-Lymphom, Lichen ruber, Alopecia areata, systemischen Lupus
 erythematodes und Psoriasis und zur kosmetischen Bräunung,
10 dadurch gekennzeichnet, daß
 die Bestrahlungseinrichtung mindestens eine optische Strahlungsquelle
 umfaßt, die auf einer zu bestrahlenden Fläche im Wellenlängenintervall
 von 400 - 440 nm eine Bestrahlungsstärke von mindestens 2 mW/cm²
 erzeugt und im Wellenlängenintervall von 300 - 400 nm eine
15 Bestrahlungsstärke von weniger als 21 % der Bestrahlungsstärke im
 Wellenlängenbereich von 400-440 nm erzeugt.
2. Bestrahlungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
 die optische Strahlungsquelle als
20 Quecksilberniederdruckentladungslampe mit einem der nachfolgenden
 Leuchtstoffe $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7\text{:Eu}$, $(\text{SrMg})_2\text{P}_2\text{O}_7\text{:Eu}$, $\text{Sr}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3\text{:Eu}$,
 $\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_{27}\text{:Eu}$, $\text{SrMgAl}_{18}\text{O}_{39}\text{:Eu}$, $\text{BaMg}_2\text{Al}_{16}\text{O}_{27}\text{:Eu:Mn}$, $\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2\text{:Eu}$,
 $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2\text{:Eu}$, $\text{CaWO}_4\text{:Pb}$ oder CaWO_4 ausgebildet ist.
3. Bestrahlungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
 die optische Strahlungsquelle als Metallhalogenidlampe mit einem
25 Zündgas und Quecksilber sowie mit Metallhalogenidadditiven Gallium-
 Indium-Iodid, Galliumiodid, Selen, Antimon, Zink und/oder Kadmium
 ausgebildet ist.
30 4. Bestrahlungseinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß
 das Gewichtsverhältnis zwischen dem Qucksilber und dem
 Metallhalogenidadditiv 10-100 beträgt.
- 35 5. Bestrahlungseinrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß das Entladungsrohr in einem Elektrodenbereich (8) mittels Zirkoniumoxid teilverspiegelt ausgebildet ist.

- 5 6. Bestrahlungseinrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der optischen Strahlungsquelle und der zu bestrahlenden Fläche eine Glasscheibe als UVB-Filter oder ein transparenter, UV-undurchlässiger Kunststoff, insbesondere Acryl GS oder Polycarbonat als UV-Filter angeordnet ist.
- 10 7. Bestrahlungseinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der UVB-Filter als evakuiertes Hüllrohr (6) um die optische Strahlungsquelle herum ausgebildet ist.
- 15 8. Bestrahlungseinrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenseite des Hüllrohrs (6) mit einem Leuchtstoff gemäß Anspruch 2 beschichtet ist.
- 20 9. Bestrahlungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Strahlungsquelle als elektrodenlose Quecksilber-Metallhalogenid-Lampe ausgebildet ist, die mit Gallium, Galliumiodid, Gallium-Bromid und/oder -Chlorid gefüllt ist und der mindestens ein Magnetron (18) mit Antenne (19) zugeordnet ist, über die elektromagnetische Energie in einen durch eine metallische Abschirmung (20) gebildeten Resonator einkoppelbar ist und in dem ein die Dotierstoffe beinhaltende Quarzkolben (2) angeordnet ist.
- 25 10. Bestrahlungseinrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Resonator als E_{01} -Moden-Resonator für die vom Magnetron (18) eingekoppelte elektromagnetische Strahlung ausgebildet ist.
- 30 11. Bestrahlungseinrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestrahlungseinrichtung mit einem IR-

Filter ausgebildet ist.

- 5
12. Bestrahlungseinrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Bestrahlungseinrichtung ein Kühlaggregat zugeordnet ist.
- 10
13. Bestrahlungseinrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlaggregat als transparentes Hüllrohr (11) mit einem Zu- und einem Ablauf (12, 13) ausgebildet ist, das um die optische Strahlungsquelle herum angeordnet ist, wobei über den Zu- und Ablauf (12, 13) ein IR-Strahlung absorbierendes Kühlmittel (17) zirkuliert.
14. Bestrahlungseinrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlmittel (17) Wasser oder Silikonöl ist.

Bestrahlungseinrichtung für therapeutische und kosmetische Zwecke

5 Die Erfindung betrifft eine Bestrahlungseinrichtung für therapeutische und kosmetische Zwecke.

10 Primär T-Zell-vermittelte Hauterkrankungen wie beispielsweise atopische Dermatitis (Neurodermitis), cutanes T-Zell-Lymphom, Alopecia areata, Lichen ruber und Psoriasis beruhen auf einem Hautinfiltrat von aktivierten T-Lymphozyten des eigenen Körpers. Insbesondere von Neurodermitis sind verstärkt immer mehr Neugeborene und Kinder betroffen. Aufgrund der entzündeten Hautpartien, sowie des damit verbundenen Juckreizes ist diese Erkrankung sowohl physiologisch als auch psychologisch eine schwere Belastung.

15 Die bisher bekannten Therapien zur Behandlung von Neurodermitis lassen sich im wesentlichen in zwei Klassen unterteilen, nämlich die Chemotherapie und die UVA1- bzw. UVB-Lichttherapie.

20 Bei der Chemotherapie ist der derzeitige Goldstandard in der Behandlung der atopischen Dermatitis die Glukokortikoidtherapie. Bei dieser Therapie kommt es sowohl nach systemischer als auch nach topischer Anwendung zu zum Teil schwerwiegenden Nebenwirkungen. Alternative Verfahren zur Behandlung der Neurodermitis beinhalten die Therapie mit stark immunmodulierenden
25 Pharmaka, wie beispielsweise FK 506 oder Cyclosporin A, über deren Langzeitfolgen noch keine Erfahrungen vorliegen.

30 Die UVA 1- Lichttherapie hat sich als effektiv zur Behandlung von akuten Neurodermitisschüben, der Urticaria pigmentosa und lokalisierten Sklerodermie erwiesen. Zur Zeit werden für die UVA 1 - Therapie nach Meffert und die UVA 1 - Therapie nach Krutmann zwei Gerätetypen angeboten. Die UVA 1-Therapie nach Meffert arbeitet breitbandig zwischen 340 und 500 nm, die UVA-Therapie nach Krutmann bei 340 - 400 nm.

Einen sehr guten Überblick über den Stand der Technik in der UVA 1-Therapie bietet "Stellung zur Qualitätssicherung in der UVA 1-Phototherapie, Fassung der Untergruppe Foto-(Chemo)Therapie und -Diagnostik der Subkommission physikalische Verfahren in der Dermatologie, Mai 1998", sowie die "Richtlinien zur Qualitätssicherung in der Foto-(Chemo)Therapie und Diagnostik", die in "Krutmann, S., Hönigsmann, H.: Handbuch der Dermatologischen Phototherapie und -Diagnostik, Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 392 -395" veröffentlicht ist. Als Langzeitriskien sind dort eine vorzeitige Hautalterung und Karzinogenität aufgeführt. Aufgrund dieser Sachlage ist dort explizit ausgeführt, daß eine Anwendung von mittleren und hohen Dosen von UVA1 im Kindesalter nicht zu empfehlen sind. Damit ist jedoch gerade die größte betroffene Gruppe von Neurodermitis ausgenommen.

Es ist weiter bekannt, daß Akne, eine im Gegensatz zu Neurodermitis aufgrund von Bakterienwachstum in verstopften Follikeln talgdrüsenreicher Hautbezirke mit Verhornungsstörungen hervorgerufene Hauterkrankung mit blauem Licht im Bereich von 400 - 440 nm ohne wesentliche UVA-Anteile zu behandeln, wobei die Erfolge beschränkt blieben. Hierzu sei auf den Fachartikel "V. Sigurdsson et al., Phototherapy of Acne Vulgaris with visble Light, Dermatology 1997; 194; Bd.3, 256 - 260" mit weiteren Literaturhinweisen verwiesen. Angestoßen wurde diese Form der Therapie, daß Aknefollikel im Rahmen der dermatologischen Untersuchung mit einer sogenannten "woodlamp" rot fluoreszieren. Als Quelle der Fluoreszenz wurde die Speicherung großer Mengen von Porphyrinen im Propionbakterium acne nachgewiesen (Mc Ginley et al., Facial follicular porphyrin fluorescence. Correlation with age and density of propionibacterium acnes, Br. J. Dermatol Vol.102., Bd.3, 437-441, 1980). Da Porphyrine ihre Hauptabsorption (Soret-Band) um 420 nm haben, war es für Meffert et al. naheliegend, bakterienhaltige Aknefollikel mit blauem Licht zu behandeln.

Die langwelligste Absorptionsbande der Porphyrine liegt bei 630 nm mit einer Eindringtiefe von 4mm, die für eine photodynamische Follikelbehandlung am

günstigen ist und auch verwendet wird.

Der Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, eine
Bestrahlungseinrichtung zur Behandlung von primär T-Zell-vermittelten
5 Hauterkrankungen zu schaffen, die weniger Nebenwirkungen aufweist und
insbesondere auch zur Behandlung von Kindern geeignet ist.

Die Lösung des technischen Problems ergibt sich aus den Merkmalen des
Patentanspruches 1. Durch die überraschende Wirksamkeit der Strahlung im
10 Bereich von 400 - 440 nm auf die T-Zellen ist es somit möglich, eine
Bestrahlungseinrichtung zur Behandlung von primär T-Zell vermittelten
Hauterkrankungen zu schaffen, die einerseits bisher kaum behandelbare
Hautkrankheiten wie Lichen ruber zu behandeln ermöglicht und andererseits
aufgrund der um Zehnerpotenzen geringeren Karziogenität gegenüber UVA
15 auch eine Behandlung von Kindern ermöglicht. Die Wirksamkeit ist in klinischen
Versuchen bereits eindrucksvoll bestätigt worden. Dabei sind die
Versuchspersonen mit Bestrahlungsdosen zwischen 10 und 200 Joule
behandelt worden, wobei eine bevorzugte Bestrahlungsdosis bei 50 J im
Wellenlängenbereich von 400-440 nm liegt. Ein weiterer überraschender Effekt
20 ist also, daß bereits bei 8 % im Vergleich zu den bisher verordneten
Bestrahlungsdosen sich ein therapeutischer Effekt einstellt. Dadurch können
einerseits geringere Bestrahlungsstärken als auch kürzere Behandlungszeiten
erreicht werden. Dabei hat sich weiter herausgestellt, daß im Gegensatz zu den
bisher üblichen 15 Tagessitzungen bereits 3-5 Tage Behandlung ausreichen
25 und bereits laut Auskunft der Patienten bereits nach der ersten Behandlung
eine spürbare Verbesserung eingetreten ist. Die zu bestrahlende Fläche des
Patienten ist dabei zwischen 0,2-3 m von der Bestrahlungseinrichtung entfernt.

Da nicht auszuschließen ist, daß für die therapeutische Wirkungsweise des
30 blauen Lichts patientenspezifische Schwellwerte für die Bestrahlungsstärken
existieren, vermutlich aufgrund des unterschiedlichen Gehaltes an Melanin
und/oder Antioxidantien der Haut, wird vorzugsweise eine Bestrahlungsstärke
von größer 20 mW/cm² für den Wellenlängenbereich zwischen 400-440 nm

gewählt. Allgemein gilt jedoch, daß zur Verkürzung der Behandlungszeiten versucht wird, mit einer möglichst hohen Bestrahlungsstärke im Wellenlängenbereich von 400-440 nm zu arbeiten. Hierbei wurden bereits Versuche mit Bestrahlungsstärken größer 60 mW/cm² und größer 100 mW/cm² durchgeführt. Umgekehrt wird versucht, die Bestrahlungsstärken der anderen Wellenlängen soweit als möglich zu unterdrücken. Derzeit wird mit Gallium-Plasma-Strahlern gearbeitet, die üblicherweise ein Intensitätsverhältnis von 400-440 nm:UVA:UVB von 100:20:0,5 aufweisen.

Bei den verwendeten Gallium-Plasma-Strahlern wird die Bestrahlungsstärke im Wellenlängenbereich von 300-400 nm im wesentlichen durch die Spektrallinien bei 313 nm und 364 nm hervorgerufen, wobei die Bestrahlungsstärke im Bereich von 313 nm kleiner als 0,5 % im Verhältnis zur Bestrahlungsstärke im Wellenlängenbereich 400-440 nm ausmacht.

Durch aktive Filtermaßnahmen kann dabei das Verhältnis der Intensitäten verschoben werden, so daß eine derzeit im Betrieb befindliche Bestrahlungseinrichtung im Wellenlängenbereich von 400-440 nm eine Bestrahlungsstärke von 58 mW/cm², im UVA-Bereich von 3 mW/cm² und im UVB-Bereich von 140 µW/cm² aufweist, was einem Intensitätsverhältnis von 100: 5,2 : 0,25 entspricht.

Bei einer verabreichten Strahlendosis von 50 J im Wellenlängenbereich von 400-440 nm schwankte die Strahlendosis im UVB-Bereich zwischen 25-150 mJ. Trotz dieser Schwankungsbreiten sind die damit verabreichten UVB-Dosen erheblich unter den Strahlendosen der klassischen UVB-Therapien die mit Startdosen von 200 mJ beginnen und sich im Laufe der mehrwöchigen Behandlung auf 800 mJ steigern. Gleiches gilt im viel stärkeren Maße für die UVA-Bereiche um 364 nm. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß geringe Anteile des UVB-Bereiches um 313 nm einen synergetischen Effekt auf die Therapie im Wellenlängenbereich von 400-440 nm bewirken. Dies ist zur Zeit Gegenstand weiterer klinischer Versuche, bei denen die Wirkung und gegebenenfalls Schwellwerte für die Bestrahlungsstärke und/oder

Bestrahlungsdosis für die Wellenlänge 313 nm ermittelt werden sollen. Gleiches gilt sinngemäß für die UVA-Anteile, für die ein synergetischer Effekt jedoch eher auszuschließen ist.

5 Darüber hinaus hat sich bei den Versuchspersonen überraschend eine nachhaltige Bräunung eingestellt, so daß sich die Bestrahlungseinrichtung auch für kosmetische Zwecke einsetzen läßt und auch dort die bekannten UV-Geräte mit den Problemen hinsichtlich der Gefahr von Hautkrebs ersetzen kann. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den
10 Unteransprüchen.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die optische Strahlungsquelle der Bestrahlungseinrichtung als mindestens eine
15 Quicksilberniederdruckentladungslampe mit vorzugsweise $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7\text{:Eu}$ - oder $(\text{SrMg})_2\text{P}_2\text{O}_7\text{:Eu}$ -Phosphor als Leuchtstoff ausgebildet. Mit diesen lassen sich bereits Bestrahlungsstärken größer 50 mW/cm^2 in einem Abstand von 50 cm realisieren. Durch entsprechende Fokussierung der von den optischen Strahlungsquellen emittierten Strahlung auf die Bestrahlungsfläche kann die effektive Bestrahlungsstärke noch weiter erhöht werden, was prinzipiell auch
20 für die nachfolgenden optischen Strahlungsquellen gilt.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die optische Strahlungsquelle als Quecksilber-Hochdruckentladungslampe mit Metallhalogenidadditiven Gallium-Indium-Iodid und/oder Galliumiodid
25 ausgebildet, wobei das Gewichtsverhältnis zwischen dem Quecksilber und den Metallhalogenidadditiven 10-100 beträgt. Zur Erhöhung des Wirkungsgrades ist der Quarzkolben im Bereich der Elektroden mit Zirkoniumoxid teilverspiegelt.

Zur Unterdrückung der aufgrund des Quecksilbers emittierten Strahlungsanteile
30 im UVB-Bereich ist der Bestrahlungseinrichtung ein UVB-Filter zugeordnet, der im einfachsten Fall aus einer Glasscheibe besteht. Vorzugsweise ist der UVB-Filter als Hüllrohr ausgebildet, der um die optische Strahlungsquelle angeordnet ist und der Bereich zwischen Hüllrohr und Quarzkolben auf einen

Gasdruck von 10-500 Torr evakuiert ist. Zur Unterdrückung der UVA-Anteile kommen vorzugsweise UV-undurchlässige transparente Kunststoffe zur Anwendung, die vorzugsweise als Folien ausgebildet sind und neben dem UVA- auch den UVB-Bereich herausfiltern. Durch entsprechende Dotierungen der Kunststoffe kann deren Filtervermögen weitgehend verändert werden, so daß verschiedene Intensitätsverteilungen einstellbar sind. Dies ist insbesondere dann von großem Interesse, falls es sich herausstellen sollte, daß gewisse UVB- und/oder UVA-Anteile oder -Intensitäten einen therapeutischen Effekt verstärken.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist optische Strahlungsquelle als elektrodenlose Quecksilberhochdruckentladungslampe ausgebildet, wodurch dann die aufgrund ihres höheren Dampfdruckes zu bevorzugenden Metallhalogenide Galliumchlorid und/oder -bromid vorrangig als Dotierung zur Anwendung kommen. Die elektromagnetische Energie für die Entladung wird dann mittels eines Magnetrons mit zugeordneter Antenne in einen durch eine metallische Abschirmung gebildeten Resonator eingekoppelt.

Des weiteren ist vorzugsweise ein IR-Filter vorgesehen, um die unerwünschte Wärmestrahlung zu unterdrücken. Um gleichzeitig eine gute Wärmeabfuhr aus dem IR-Filter zu gewährleisten, wird den optischen Strahlungsquellen ein Kühlaggregat mit Flüssigkeitskühlung zugeordnet, wobei die Flüssigkeit als IR-Filter ausgebildet ist. Vorzugsweise besteht das Kühlaggregat aus zwei Strahlungskühlerfassungen mit integrierten Zu- und Abläufen zwischen denen ein transparentes Hüllrohr angeordnet ist. Der Vorteil dieser Anordnung ist, daß die Strahlungskühlerfassungen lösbar mit der optischen Strahlungsquelle verbunden sind, was deren Wiederverwendung bei defekten optischen Strahlungsquellen erlaubt. Als Kühlmittel kommen insbesondere Wasser und für die elektrodenlose Hochdrucklampe Silikonöl in Betracht. Das Silikonöl weist dabei eine Vielzahl von weiteren Vorteilen auf. Neben einem großen stabilen Temperaturbereich sind Kühlungen bis auf 4°C möglich. Silikonöl weist eine geringe Absorption von Mikrowellenenergie auf und wirkt gleichzeitig als IR-Filter.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Fig. zeigen:

Fig.1 einen Querschnitt durch eine Quecksilber-Hochdruckentladungslampe,

Fig.2 einen Querschnitt durch eine Quecksilber-Hochdruckentladungslampe
mit integrierter Wasserkühlung,

Fig.3 Dampfdruckkurven von Gallium und Galliumhalogeniden,

Fig.4 einen Querschnitt durch eine elektrodenlose Hochdruckentladungslampe mit Kühlaggregat und einem Magnetron,

Fig.5 einen Querschnitt durch eine elektrodenlose Hochdruckentladungslampe mit Kühlaggregat und zwei Magnetrons,

Fig.6 ein Spektrum eines Gallium-Plasma-Strahlers,

Fig.7 ein Spektrum einer Hochdruckentladungslampe mit einem Gewichtsverhältnis zwischen Quecksilber und Galliumiodid von 44,

Fig.8 ein Spektrum einer Hochdruckentladungslampe mit einem Gewichtsverhältnis zwischen Quecksilber und Galliumiodid von 22,

Fig.9 ein Spektrum einer Hochdruckentladungslampe mit einem Gewichtsverhältnis von Quecksilber und Galliumiodid von 8,8,

Fig.10 ein Spektrum einer bekannten Gallium-Indium-Effektleuchte,

Fig.11 eine schematische Querschnittsdarstellung einer Ganzkörperbestrahlungseinrichtung und

Fig.12 eine schematische Querschnitt durch eine Bestrahlungsanordnung mit einem Hochleistungsplasmastrahlers.

Die optische Strahlungsquelle der Bestrahlungseinrichtung zur Behandlung von primär T-Zell-vermittelten Hauterkrankungen kann sowohl als Nieder- als auch als Hochdruckentladungslampe ausgebildet sein. Wie später jedoch noch näher erläutert, weist eine Quecksilber-Hochdruckentladungslampe 1 im Spektrum einige Vorteile gegenüber den bekannten Niederdruckentladungslampen für den interessierenden Spektralbereich auf.

Die Quecksilber-Hochdruckentladungslampe 1 umfaßt einen Quarzkolben 2, in dem zwei Elektroden 3 angeordnet sind. An die Elektroden 3 sind elektrische Anschlußleitungen 4 für die Spannungszuführung angeschlossen, die zu einer

Schraubfassung 5 geführt sind. Um den Quarzkolben 2 ist ein Hüllrohr 6 angeordnet, das an seinem einem Ende geschlossen ausgebildet ist und an seinem anderen Ende hermetisch dicht mit der Schraubfassung 5 verbunden ist. Der Raum zwischen Hüllrohr 6 und Quarzkolben 2 ist auf einen Gasdruck von 10-500 Torr evakuiert. In dem Quarzkolben 2 befinden sich Quecksilber, Argon und ein Metallhalogenidadditiv wie beispielsweise Galliumiodid und/oder Gallium-Indiumiodid, das bevorzugt im Wellenlängenbereich von 400-440 nm emittiert. Auf die Bestrahlungsstärke und die Spektren wird später noch näher eingegangen. Das Gewichtsverhältnis von Quecksilber zu den Metallhalogenidadditiven beträgt dabei 10-100. Im Leistungsbereich von 400 W kommt dabei vorzugsweise ein Mischungsverhältnis von 1-5 mg Metallhalogenidadditiv auf 44 mg Quecksilber zur Anwendung. Der Quarzkolben 2 ist darüber hinaus im Bereich 8 der Elektroden 3 mittels Zirkoniumoxid teilverspiegelt, um die Temperatur im elektrodennahen Raum des Quarzkolbens 2 zu erhöhen. Das Hüllrohr 6 hat dabei im wesentlichen zwei Funktionen. Zum einen dient es als UVB-Filter, um diesen unerwünschten Spektralanteil soweit als möglich zu reduzieren. Zum anderen dient das Hüllrohr 6 zur Wärmeisolation, da im Laufe des Betriebes die Oberfläche des Quarzkolbens 2 sehr heiß wird. Ein weiterer Vorteil des Hüllrohrs 6 ist der Schutz der eigentlichen Hochdruckentladungslampe gegen äußere Temperaturänderungen.

In Fig.2 ist ein Querschnitt durch die Quecksilber-Hochdruckentladungslampe 1 gemäß Fig.1 mit integriertem Kühlmittelaggregat dargestellt. Das Kühlmittelaggregat umfaßt eine erste und eine zweite Strahlungskühlerfassung 9,10 und ein transparentes Hüllrohr 11. In die beiden Strahlungskühlerfassungen 9, 10 ist jeweils ein Zu- bzw. Ablauf 12, 13 integriert, an die dann jeweils ein Schlauch anschließbar ist. Die erste Strahlungskühlerfassung 9 ist einfach auf die Schraubfassung 5 aufgeschoben. Das transparente Hüllrohr 11 ist dann in die Strahlungskühlerfassung 9 eingeschoben und ist an der Schraubfassung 5 entgegengesetzten Seite durch die zweite Strahlungskühlerfassung 10 abgeschlossen. Mittels O-förmigen Dichtringen 14, 15, 16 wird ein hermetisch dichter Kreislauf für das Kühlmittel

17 zwischen dem Zulauf 12 und dem Ablauf 13 gebildet. Das Kühlmittel 17 kann dabei im einfachsten Fall Wasser sein. In diesem Fall dient das Kühlmittel 17 überwiegend der Abführung der entstehenden Wärme an dem evakuierten Hüllrohr 6, um dieses auf eine Temperatur von 40 - 60°C zu halten.

5

Da die Eindringtiefe des blauen Lichtes begrenzt ist, gleichwohl bei Erkrankungen der tieferliegenden Hautschichten bzw. Hautanhangsorganen, wie den Haarwurzeln, oder bei entzündungsbedingten Verdickungen der Haut, wie bei der Psoriasis und der Sklerodermie die Strahlung sehr tief eindringen muß, ist eine Bestrahlungseinrichtung vorteilhaft, bei der das umlaufende

10 Kühlmittel 17 deutlich kühler als die Hauttemperatur ist. Dann kann das gekühlte Hüllrohr 11 direkt auf die befallene Haut aufgelegt werden, wobei dann mit Bestrahlungsstärken in der Größenordnung von ca. 1-2 W/cm² bei einer elektrischen Anschlußleistung von 1000 W appliziert werden kann, da

15 höhere Bestrahlungsstärken zu einer kürzeren Behandlungszeit führen. In Folge der hohen Gewebsabsorption des blauen Lichtes kommt es in den oberen Gewebsschichten zu einer sehr starken Wärmeentwicklung, die ohne diese Kühlung auf beispielsweise 4°C ansonsten zu Verbrennungen führen würde. Durch diese Kühlung kann die durch eine Schwellendosis begrenzte

20 Tiefenwirkung bis auf mehrere Millimeter und somit in den Follikelbereich ausgedehnt werden. Bevorzugtes Kühlmittel 17 bei Elektrodenlampen ist Wasser. Gleichzeitig dient das Kühlmittel 17 als IR-Absorber.

Zusätzlich kann das Hüllrohr 6 an seiner Innenseite mit den von den

25 Niederdruckentladungslampen bekannten Leuchtstoffen beschichtet werden, um so zusätzliche Anteile der vom Quecksilber emittierten UVC-Strahlung in den interessierenden Wellenlängenbereich von 400-440 nm zu transformieren. Da der Leuchtstoff im Bereich von 400-440 nm selbst nur eine geringe Absorption aufweist, ist somit eine effektive Erhöhung der Emission in diesem

30 Wellenlängenbereich möglich. Voraussetzung für den Einsatz von blauen Leuchtstoffen im evakuierten, gegebenenfalls mit Edelgas gefüllten Hüllrohr ist die Kühlung des Leuchtstoffes. Unter normalen Betriebsbedingungen ohne Kühlung erreicht das Hüllrohr bis zu 600°C. Der Wirkungsgrad von den blauen

Leuchtstoffen fällt jedoch bei Temperaturen oberhalb von 100°C stark ab, so daß deren Verwendung erst bei Verwendung einer Thermostatisierung auf unterhalb 100°C sinnvoll ist, wie sie durch das zuvor beschriebene Kühlmittelaggregat erreichbar ist. Durch Einsatz von Leuchtstoffen in Verbindung mit anderen Dotierungen im Quarzbrenner, die bevorzugt im UV-Bereich abstrahlen, kann der Wirkungsgrad der optischen Strahlungsquelle weiter gesteigert werden. Hierzu eignen sich Halogenidverbindungen der Metalle Selen, Antimon Zink und Kadmium.

In der Fig. 3 sind die Dampfdruckkurven in Torr über der absoluten Temperatur für das reine Metall Gallium sowie dessen Halogenid-Salze Galliumiodid, Galliumchlorid und Galliumbromid dargestellt. Bei den zulässigen Wandtemperaturen ohne Flüssigkeitskühlung ist das reine Gallium den Halogeniden um mehrere Größenordnungen unterlegen, so daß eine effiziente Entladung mit Gallium nur bei extrem-hohen Wandtemperaturen erreicht werden kann, wozu wiederum eine stärkere Kühlung mit beispielsweise Silikonöl notwendig ist. Von den dargestellten Gallium-Halogeniden hat Galliumiodid den niedrigsten Dampfdruck. Um Größenordnungen besser aus dieser Sicht ist Galliumbromid. Diese Bromide oder Chloride sind jedoch derart aggressiv, daß diese die Elektroden 3 in den Ausführungsbeispielen gemäß Fig.1 und 2 schnell zerstören würden.

Daher wird bei Verwendung von Galliumbromiden oder -chloriden eine Bestrahlungseinrichtung ohne Elektroden 3 wie in Fig. 4 dargestellt bevorzugt. Die Bestrahlungseinrichtung 1 umfaßt einen Quarzkolben 2, in dem das Gallium oder die Galliumhalogenide verteilt sind. Um den Quarzkolben 2 ist das bereits beschriebene Kühlaggregat angeordnet. An mindestens einer Stirnfläche einer Strahlungskühlerfassung 9 ist ein Magnetron 18 mit zugeordneter Antenne 19 angeordnet. Weiter ist um das Kühlaggregat herum eine metallische Abschirmung 20 angeordnet, die für die von der Antenne 19 abgestrahten elektromagnetischen Wellen einen Resonator bildet. Die Verwendung von Wasser als Kühlmittel 17 scheidet bei dieser Anordnung aus, da Wasser zu stark die elektromagnetischen Wellen des Magnetrons 18

absorbieren würde, so daß hier vorzugsweise Silikonöl als Kühlmittel verwendet wird.

Elektrodenlose Lampen haben mit Nutzungsdauern von 10.000 - 20.000
 5 Stunden und einem besseren Wirkungsgrad Vorteile gegenüber konventionellen Lichtquellen mit Elektroden 3. Die Emission dieser Lampen wird jedoch durch Temperaturunterschiede innerhalb der Lampe beeinflusst. Werden Teile des Quarzkolbens 2 (Plasmaampulle) nicht gleichförmig erhitzt, so kommt es zu dunklen Bändern, die durch Selbstabsorption des Plasmas
 10 hervorgerufen werden. Die Temperaturunterschiede innerhalb der Plasmaquelle sind oft das Ergebnis einer ungleichmäßigen Feldverteilung der Mikrowellenenergie im Resonator. Hierdurch kommt es zu einer ungleichmäßigen Entladung und einer Verschlechterung der Lampenleistung. Die Kontrolle über die elektromagnetische Feldverteilung wird in einer
 15 bevorzugten Ausführungsform durch einen Resonanzzyylinder erreicht, der die E_{01} -Mode unterstützt. In diesem Fall ist die Feldverteilung derart, daß das elektrische Feld in der Resonatorachse seinen höchsten Wert hat und der elektrische Feldvektor in Radialrichtung zeigt. Zu den leitenden Wänden des Resonators fällt die Feldstärke ab, um an der leitenden Oberfläche der
 20 zylindrischen Abschirmung 20 zu verschwinden. Die erforderliche Leistung ist abhängig von der erzielbaren Plasmadichte. Das Plasma konzentriert sich in der Mitte des Entladungsgefäßes. Bei coaxialer Ausrichtung befindet sich der gesamte Zylindermantel des Quarzkolbens 2 im Bereich der gleichen Feldstärke, so daß diesbezügliche Ungleichmäßigkeiten ausgeschlossen
 25 werden. Der Resonanzhohlleiter hat bei der E_{01} -Mode und der bevorzugten Anregungsfrequenz von 2450 MHz einen Durchmesser von 9,37 cm. Unter diesen Bedingungen ist für den Resonator jede Länge zulässig, ohne daß die E_{01} -Resonanzbedingung verändert würde, wodurch der Resonator so einfach an unterschiedliche Leistungen durch Veränderung der Länge angepaßt
 30 werden kann.

Ein weiterer Vorteil der E_{01} -Mode ist, daß aufgrund der Symmetrie von zwei Seiten elektromagnetische Energie eingekoppelt werden kann, wie dies in Fig.

5 dargestellt ist, was insbesondere bei größeren Längen des Quarzkolbens 2 wichtig ist. Wegen der stehenden Welle ist lediglich der Durchmesser des Hohlleiters genau einzuhalten. Der Abstand der beiden Magnetrons 18 voneinander ist vergleichsweise unkritisch. Es ist lediglich darauf zu achten, 5 daß die Energieabsorption im Plasma ausreichend hoch ist, so daß keine ungedämpften Wellen auf das jeweils andere Magnetron 18 treffen, da dies zur Zertsörung führen könnte.

Wie bereits ausgeführt, scheidet Wasser als Kühlmittel aus. Vorzugsweise 10 kommen daher Silikonöle wie beispielsweise Dimethyl-Polysiloxan zur Anwendung, die nur eine geringe Mikrowellenabsorption von weniger als 0,2 W/cm pro Kilowatt Leistung aufweisen. Silikonöl ist transparent im sichtbaren Bereich und absorbiert einen signifikanten IR-Anteil im Wellenlängenbereich größer 1 μm . Dadurch kann entweder auf separate IR-Filter ganz verzichtet 15 bzw. können diese unkritischer dimensioniert werden. Des weiteren ist Dimethyl-Polysiloxan über einen weiten Temperaturbereich von -70°C - 250°C einsetzbar. Mit dieser Anordnung ist es möglich, bis zu 300 W/cm^3 Plasma einzukoppeln, ohne daß es zum Einschmelzen des Quarzkolbens 2 kommen würde. Im Vergleich zur üblichen Luftkühlung einer Plasmaquelle entfallen die 20 sonst bei hohem Luftstrom auftretenden Geräusche, was für den Patienten psychologisch angenehmer ist.

Möchte man im elektrodenlosen System auf die Silokonölkühlung verzichten, 25 so kann eine rotierende Plasmaquarzkugel Anwendung finden, die beispielsweise an einem Schaft angeordnet ist und bei der Rotation in einem E_{111} -oder E_{112} -Mode-Resonator sich im Mittel eine gleichmäßige Feldverteilung ergibt. Darüber hinaus wird dadurch die effektive Oberfläche für eine Konvektionskühlung vergrößert. Vorzugsweise findet die Kugelrotation dabei in 30 zwei Ebenen statt, so daß es im Mittel zu einer vollkommenen Feldvermischung kommt. Alternativ und technisch einfacher zu realisieren ist eine sogenannte Taumelrotation, d.h. während einer Rotation um die z-Achse rotiert der Stab selbst um einen Kegelmantel.

In der Fig.6 ist ein Spektrum eines typischen Gallium-Quecksilber-Plasmastrahlers dargestellt. Die Bestrahlungsstärke im Wellenlängenbereich zwischen 300-400 nm wird dabei im wesentlichen durch einen Peak bei 364 nm und einen Peak bei 313 nm bestimmt, wobei ersterer den UVA-Anteil und letzterer den UVB-Anteil bildet. Diese Peaks stellen typische Spektralbereiche des Quecksilbers dar. Die Ausprägungen der Peaks schwanken dabei erheblich mit den Herstellungstoleranzen, wobei jedoch in guter Näherung der UVA-Anteil kleiner 20 % und der UVB-Anteil kleiner 0,5 % im Verhältnis zur Bestrahlungsstärke des Wellenlängenbereiches zwischen 400-440 nm beträgt. Aufgrund der absolut geringen Bestrahlungsstärken im UVA- und UVB-Bereich werden diese Bereiche in den nachfolgenden Spektren nicht dargestellt.

In den Fig.7-10 sind verschiedene Spektren bei unterschiedlicher Dotierungen dargestellt, wobei auf der Y-Achse die Bestrahlungsstärke in mW/cm^2 pro 0,5nm bei 50cm Abstand aufgetragen ist. Die abgebildeten Spektren zeigen, daß bei einem Gewichtverhältnis Quecksilber zu Galliumiodid von 8,8 die Emission im Spektralbereich zwischen 400-440 nm erheblich abnimmt. Bei den Gewichtverhältnissen 22 bzw. 44 ist die Ausbeute im interessierenden Spektralbereich wesentlich besser. Eine weitere Steigerung der Emission im Bereich zwischen 400-440 nm ist durch Zugabe von Indiumiodid im Verhältnis Quecksilber/Indiumiodid von 20-200 möglich. Mit Hilfe des Zusatzes geringer Mengen Indiumiodid ist eine Anhebung der Indiumemission im Bereich 405 nm möglich, ohne daß die blaue Emission im Bereich 500 nm die Energieausbeute in dem interessierenden Spektralbereich zwischen 400-440 nm sich verschlechtert.

In Fig.11 ist eine schematische Darstellung einer Ganzkörperbestrahlungseinrichtung für einen Patienten 21 dargestellt. Dazu sind eine Vielzahl der optischen Strahlungsquellen arrayförmig zueinander angeordnet, wobei jeder optischer Strahlungsquelle ein Parabolreflektor 22 zugeordnet ist. Bei Verwendung der beschriebenen Kühlaggregate können diese mäanderförmig miteinander verbunden werden. Alternativ können jedoch nur einzelne Kühlaggregate der Strahlungsquellen zusammengefaßt werden, so daß dann

mehrere Kühlkreisläufe mit Pumpen zur Anwendung kommen. Vorzugsweise werden die oberen und unteren Parabolreflektoren 22 sowie die Seitenwände um ca. 5° nach unten bzw. nach oben verkippt, um eine gleichmäßigere Bestrahlungsleistung über die Bestrahlungsfläche zu erhalten. Bei einer

5 Strahlerlänge von 190 cm und einem Reflektoröffnungswinkel von 8° ergibt sich die optimale Strahlungsebene im Abstand von 45-50 cm. Aufgrund der hohen Bestrahlungsleistungen wird der Raum zwischen der Bestrahlungsanordnung und dem Patienten vorzugsweise mit Umluftklimatisierung gekühlt.

10 In der Fig.12 ist eine weitere bevorzugte Ausführungsform der Bestrahlungseinrichtung 1 im Querschnitt dargestellt. Die Bestrahlungseinrichtung 1 umfaßt einen Gallium-Plasmastrahler 20 mit einem Quarzrohr 21. Das Quarzrohr 21 weist dabei beispielsweise einen

15 Durchmesser von ca.20 mm auf. Das Quarzrohr 21 ist vorzugsweise aus UVC absorbierendem Quarz gebildet, um die Bildung von Ozon zu verhindern. Um das Quarzrohr 21 ist ein erstes Hüllrohr 22 angeordnet, wobei das Hüllrohr beispielsweise aus Duranglas besteht. Das Hüllrohr 22 ist dabei beispielsweise 20 mm von dem Quarzrohr 21 beabstandet und mit einer Wandstärke von ca. 3 mm ausgebildet. Zwischen dem Quarzrohr 21 und dem Hüllrohr 22 befindet

20 sich Luft. Um das erste Hüllrohr 22 ist ein zweites äußeres Hüllrohr 23 angeordnet, das ebenfalls vorzugsweise aus Duranglas besteht und eine Wandstärke von 3 mm aufweist, wobei der Abstand zwischen dem ersten Hüllrohr 22 und dem zweiten Hüllrohr 23 ca. 10 mm beträgt. Zwischen den

25 beiden Hüllrohren 22, 23 befindet sich Wasser, wobei zur Erzielung eines geschlossenen Kühlkreislaufes die Strahlungskühlerfassungen der vorangegangenen Ausführungsbeispiele zur Anwendung kommen können. Der Vorteil dieser indirekten Kühlung des Quarzrohres 21 ist, daß dadurch Schwärzungen aufgrund von Niederschlägen von Quecksilberverbindungen am Quarzrohr 21 vermieden werden und das Quarzrohr 21 bei optimalen

30 Betriebstemperaturen zwischen 600-900° C betrieben werden kann.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft Bestrahlungseinrichtung für therapeutische und kosmetische Zwecke zur Behandlung von primär T-Zell-vermittelten
5 Hauterkrankungen, insbesondere von atopischer Dermatitis (Neurodermitis), cutanem T-Zell-Lymphom, Lichen ruber, Alopecia areata, systemischen Lupus erythematodes und Psoriasis und zur kosmetischen Bräunung , umfassend mindestens eine optische Strahlungsquelle, die auf einer zu bestrahlenden Fläche im Wellenlängenintervall von 400 - 440 nm eine Bestrahlungsstärke von
10 mindestens 2 mW/cm² erzeugt und im Wellenlängenintervall von 300 - 400 nm eine Bestrahlungsstärke von weniger als 21 % der Bestrahlungsstärke im Wellenlängenbereich von 400-440 nm erzeugt.
(Fig.2)